

⑨ 日本国特許庁 (JP)  
⑩ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭59—214020

⑫ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 02 F 1/31  
G 02 B 5/174  
G 02 F 1/03

識別記号

庁内整理番号  
7348—2H  
8106—2H  
7448—2H

⑬ 公開 昭和59年(1984)12月3日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 光スイッチ

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑮ 特 願 昭58—88526

⑯ 発 明 者 瀬恒謙太郎

⑰ 出 願 昭58(1983)5月19日

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑱ 発 明 者 川口隆夫

⑲ 発 明 者 和佐清孝

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑳ 発 明 者 足立秀明

㉑ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

門真市大字門真1006番地

㉒ 発 明 者 黄地謙三

㉓ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1、発明の名称

光スイッチ

2、特許請求の範囲

主導波路と、上記主導波路と交差する副導波路と、上記両導波路の形成する交差路上の鋭角なる交差角の2等分線上に配置された一定間隔の伝搬電極空隙を有する伝搬制御電極と、上記交差路において上記主導波路の導波光のうち上記副導波路へ漏洩する漏洩光を制御する一定間隔の漏洩電極空隙を有する漏洩制御電極とを有し、上記漏洩電極空隙を上記伝搬電極空隙に平行に上記交差路近傍の少なくとも上記副導波路上に配置したことを特徴とする光スイッチ。

3、発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は光スイッチに関する。特に導波光を分岐させることにより光出力をオン・オフさせる光換相回路に應用する光スイッチに関する。

従来例の構成とその問題点

2

従来この種の交差する導波路を用いた光スイッチとして、TIR(全反射型)スイッチがある。従来この種のTIRスイッチは電気光学効果を有するTi:拡散型LiNbO<sub>3</sub>導波路により構成されていた。この構成のTIRスイッチは第1図に示すように、主導波路11と交差する副導波路12とからなり、上記交差する導波路11、12からなる交差部13上の鋭角なる交差角の2等分線上に配置された一定間隔の伝搬電極空隙14を有する伝搬制御電極15から構成されていた。このTIRスイッチにおいて、伝搬制御電極15に電圧を印加しない状態では主導波路の導波光 $\omega_1$ は交差部13を直進し主導波路11をそのまま伝搬する。所定の電圧を印加すると伝搬電極ギャップ14の下導波路の屈折率が低下し、導波光 $\omega_1$ はこの低屈折率層との界面で全反射され副導波路へ伝搬する。具体的に述べると、電圧が印加されていない状態では、導波光 $\omega_1$ は直進し、導波光 $\omega_2$ となる。一方、電圧印加状態では、導波光 $\omega_1$ は交差路内で全反射され、導波光 $\omega_3$ となり、スイ

ッチ動作を行う。

このような従来の光スイッチにおいては以下に示す問題点があった。電気光学効果による屈折率変化は放電破極の生じ易くなる $2\text{KV}/\text{mm}$ の電界印加時でも $10^{-4}$ と小さいため、全反射角となる主導波路11と副導波路12との交差角を大きくすることができなかった。この交差角は $0.5\sim 4^\circ$ と小さいため、電圧が印加されていない状態で導波光 $L_1$ は交差部での導波路の構造変化に影響を受け、全部直進せず一部副導波路へ漏洩し導波光 $L_3$ となった。このため、 $10\text{dB}$ 以上の分岐比を得ることが困難となり、スイッチング特性を充分に得ることができなかった。

この分岐比を改善するために発明者らは第2図に示す光スイッチを提案した。この光スイッチは、従来の光スイッチに漏洩制御電極を付与し、分岐比を改善された。すなわち、主導波路11と副導波路12の結合部に、伝搬制御電極15の一部を変形させ、主導波路に平行な一定間隔の漏洩電極空隙21をもつ漏洩制御電極22を設けた。以上

図のごとく一体化で構成すると、漏洩電極と伝搬電極との共通電極部23の幅は $2\mu\text{m}$ 以下となり、通常のフォトリソ加工は難しくなり歩留も低下する。さらに共通電極23の先端は非常に細くなり、電極空隙15, 21が交差路全体に至らなくなり、導波路幅の広い、例えば $20\mu\text{m}$ 以下の場合得られた効果が充分得られないという欠点があった。

発明者らは、上記構成の電極に改良を加え、導波路幅の狭い導波路でも分岐比の収れ、したがって信号対雑音比( $S/N$ 比)の収れた光スイッチを発明した。

#### 発明の目的

本発明は、上記従来例の有していた欠点もしくは問題点を除去し分岐特性の良好な光スイッチを提供することを目的とする。

#### 発明の構成

本発明の光スイッチは、主導波路と、上記主導波路と交差する副導波路と、上記両導波路の形成する交差路上の鋭角なる交差角の二等分線上に配置された一定間隔の伝搬電極空隙を有する伝搬制

の構成にすると、伝搬制御電極オフ、漏洩制御電極オン時では、漏洩電極空隙21下の導波路の屈折率が電気光学効果により低下し低屈折率層を形成するので導波光 $L_1$ の副導波路12への漏洩光は上記低屈折率層で全反射され漏洩することなく交差路14を直進し導波光 $L_3$ となり、特性の収れた分岐比を得ることが出来た。また、副導波路12へのスイッチ動作は、伝搬制御電極オン、漏洩制御電極オフにより実行された。

しかし、この構造ではまだ不十分な点を有していた。すなわち、低電圧で導波光を全反射させるためには、伝搬電極空隙および漏洩電極空隙の幅を $2\sim 4\mu\text{m}$ にすることが必要である。 $2\mu\text{m}$ 以下では導波光が低屈折率層をエバネッセント波で漏洩するため、全反射しない。また、 $4\mu\text{m}$ を越えると電極空隙に印加する電圧を上げなければ、 $2\sim 4\mu\text{m}$ の場合と等しい電界が得られない。したがって、導波路の幅が $20\mu\text{m}$ 以下となると、伝搬制御電極15と漏洩制御電極22を交差路13上に構成することは不可能となる。両電極を第2

御電極と、上記交差路において上記主導波路の導波光のうち上記副導波路へ漏洩する漏洩光を制御する一定間隔の漏洩電極空隙を有する漏洩制御電極とを有し、上記漏洩電極空隙を上記伝搬電極空隙に平行に上記交差路近傍の少なくとも上記副導波路上に配置したものである。

以下に本発明について図を用いて説明する。

第3図は本発明にかかる光スイッチの構造を示す。同図において本発明にかかる光スイッチは、主導波路11と上記主導波路11と交差する副導波路12と、上記両導波路11, 12の形成する交差路13上の鋭角なる交差角の二等分線上に配置された一定間隔の伝搬電極空隙14を有する伝搬制御電極31と、上記交差路13において上記主導波路11の導波光のうち上記副導波路12へ漏洩する漏洩光を制御する一定間隔の漏洩電極空隙32を有する漏洩制御電極33とからなり、上記漏洩電極空隙32は伝搬電極空隙14に平行に上記交差路13近傍の少なくとも副導波路上に配置されている。

従来、このような構成では伝搬電極空隙14に漏洩電極空隙32が平行なので、漏洩電極空隙32に電界を印加し電気光学効果により漏洩電極空隙下の導波路に低屈折率層を形成し、主導波路11の導波光 $\omega_1$ のうち副導波路12への漏洩光は上記低屈折率層で全反射されるが、幾何学的配置が主導波路11へ漏洩光全て戻るようになっていないので分岐比が充分改善されないと考えられていた。しかし、発明者らは本発明にかかる構造においても、伝搬電極空隙14に電界を印加せず、漏洩電極空隙32にのみ電界を印加すると、主導波路11の導波光 $\omega_1$ は副導波路12に漏洩することなく伝搬することを見出し、新規の光スイッチを発明した。すなわち、動作原理の詳細は明確になっていないが、漏洩電極空隙32下の導波路に形成された低屈折率層により、導波光 $\omega_1$ のうちの漏洩成分が低下し、屈折率の高い主導波路内へ導波光が閉じ込められ、副導波路へ漏洩することなく伝搬するものと考えられる。

本発明にかかる構造を詳細に検討した結果、導

へ導波光 $\omega_3$ となって伝搬する。以上のような電圧印加を加えることにより、導波光 $\omega_1$ をスイッチ動作させることができた。分岐比20dB、消光比20dBを実現させることができ、S/N比の優れた光スイッチを可能とした。

上記構成の光スイッチにおいて、第3図に示す主導波路11と副導波路12との間に構成上の差異はなく、11を副導波路に、12を主導波とすることができる。この構成において、スイッチ動作は以下ようになる。すなわち、伝搬制御電極311、312に電圧を印加せず、漏洩制御電極312、332に電圧を印加した場合、導波光 $\omega_4$ の副導波路の漏洩光は漏洩電極空隙34下に電気光学効果により形成された低屈折率層により主導波路に戻されるので、漏洩することなく伝搬し導波光 $\omega_3$ となる。一方、伝搬制御電極311、312に電圧を印加し、漏洩制御電極312、332に電圧を印加させない場合、導波光 $\omega_4$ は伝搬電極空隙13下に電気光学効果により形成された低屈折率層で全反射され、副導波路11を伝

波路幅に最適の範囲のあることを見出した。すなわち、導波路幅4~20 $\mu\text{m}$ が最適である。4 $\mu\text{m}$ 以下では、電極空隙が2~4 $\mu\text{m}$ が適当なので、本構成を実現することが不可能である。又、20 $\mu\text{m}$ を越えると、従来例で示した構造が実現可能である。さらに、本発明の構造では従来例よりも分岐比を向上させることができなかった。これは、従来例と異なり全反射現象を用いていないためと考えられる。特に導波路幅が4~10 $\mu\text{m}$ で分岐比改善が優れており、分岐比20dB以上が実現された。

したがって、本発明にかかる構造においては、伝搬制御電極311、312に電圧を印加せず、漏洩制御電極311、331に所望の電圧を印加した場合、主導波路11の導波光 $\omega_1$ は副導波路12へ漏洩せず、そのまま主導波路を伝搬する。一方、伝搬制御電極311、312に電圧を印加し、漏洩制御電極311、331の電圧を印加させない場合、導波光 $\omega_1$ は伝搬電極空隙13下に形成された低屈折率層で全反射され、副導波路12

へ導波光 $\omega_2$ となりスイッチ動作を行う。

したがって、本発明の光スイッチは主導波路および副導波路の区別なく形成され、しかも電極も一部共通に使用するので、簡単な構成で高性能な光スイッチが実現できた。

#### 実施例の説明

以下本発明について、実施例をあげて具体的に説明する。

本発明の実施例を第3図により具体的に説明する。たとえば、電気光学効果の大きい材料である $\text{LiNbO}_3$ 単結晶において、表面が平滑なYカット $\text{LiNbO}_3$ 単結晶基板36上に深さ1 $\mu\text{m}$ 程度のTi拡散層からなる線路幅20 $\mu\text{m}$ の交差する2本の導波路を、導波路の鋭角なる交差角の2等分線が $\text{LiNbO}_3$ 単結晶のx軸方向に形成し、主光導波路11および副導波路12とし、次に電極と導波路とが直接接すると導波光の伝搬損失が増加するので、バッファ層として膜厚0.2 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜をスパッタ法で蒸着した。次に、上記交差部13に膜厚0.1 $\mu\text{m}$ 、空隙幅4 $\mu\text{m}$ の伝搬制

御電極31および漏洩制御電極33をALの真空蒸着およびリフトオフの技術で形成し、光スイッチとする。以上の成において、電極311, 312, 332は等電位とし、311と331との間に電圧を例えば $10\text{V}/\mu\text{m}$ の電界で、印加すると、漏洩電極空隙32下の導波路中に低屈折率を形成すると、主導波路11の導波光 $L_1$ は副導波路12に漏洩することなく直進した。この場合、分岐比は、 $20\text{dB}$ 以上を得ることができた。スイッチ動作させる場合、電極311, 331を等電位にし、電極312, 332を等電位とし、電極311と312との間に電圧を、例えば $10\text{V}/\mu\text{m}$ の電界で、印加させると、導波光 $L_1$ は伝搬電極空隙13下の導波路中に形成された低屈折率層で全反射され、導波光 $L_3$ となる。この場合、分岐比は $20\text{dB}$ 以上得られた。

本実施例ではTi拡散型 $\text{LiNbO}_3$ 導波路を用いて説明したが、本発明の構造において光導波路は電気光学効果の大きい材料であればよく、 $\text{LiNbO}_3$ に限定されるものでない。例えば、

$\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{PLZT}$ ,  $\text{BGO}$ ,  $\text{GaAs}$  などでも同様な効果を示す。

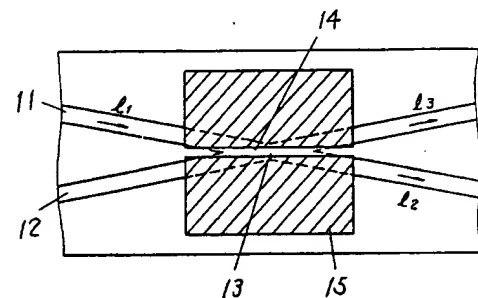
#### 発明の効果

以上のように本発明は光スイッチの交差部に漏洩制御電極の構造に工夫を加え、分岐特性を改善したものである。本発明において、単に導波路上に設けられた電極に所定の電圧を印加することにより、導波光の直進時には副導波路へ漏洩せず、又反射時に副導波路へ全て伝搬するので、分岐比の優れた光スイッチが得られる。さらに、消光比の良好な光スイッチが実現される。したがって、本発明の光スイッチを用いると、導波光の漏洩の少ない光スイッチを構成することができ、スイッチ特性の優れた光スイッチが実現できるものである。

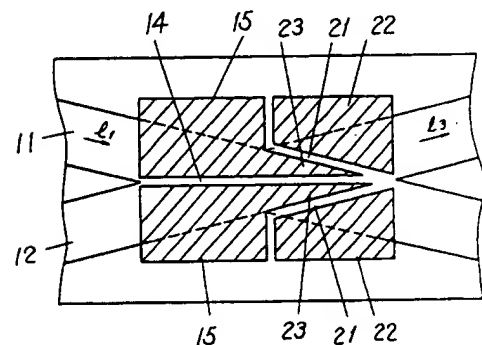
#### 4、図面の簡単な説明

第1図は従来の全反射型光スイッチの要部平面図、第2図は発明者らの提案にかかる全反射型光スイッチの要部平面図、第3図は本発明にかかる実施例の光スイッチの要部平面図である。

第 1 図



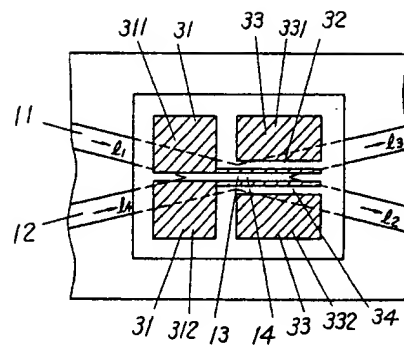
第 2 図



11……主導波路、12……副導波路、13……交差部、14……伝搬電極空隙、31……伝搬制御電極、32……漏洩電極空隙、33……漏洩制御電極、34……漏洩電極空隙。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

第 3 圖



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 59214020 A

(43) Date of publication of application: 03 . 12 . 84

(51) Int. Cl.

G02F 1/31

G02B 5/174

G02F 1/03

(21) Application number: 58088526

(22) Date of filing: 19 . 05 . 83

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
ADACHI HIDEAKI  
OCHI KENZO  
SETSUNE KENTARO  
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve branching characteristics by applying a specific voltage to an electrode provided on a waveguide.

CONSTITUTION: An optical switch consists of a main waveguide 11, a subordinate waveguide 12 which crosses the main waveguide 11, propagation control electrodes 31 which are arranged on the bisector of the acute crossing angle on the intersection 13 of both waveguides 11 and 12 at a specific interval of a propagation electrode gap 14, and leak control electrodes 33 which controls leak light leaking to the subordinate waveguide 12 as to the light of the main waveguide 11 at the intersection 13 and has specific leak electrode gaps 32. Then, the leak electrode gaps 32 are arranged at least on the subordinate waveguide 12 near the intersection 13 in parallel to the propagation electrode gap 14.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

